国产高端电能表进入电网关口计量与扩大出口的探索

张春晖[1]　张震[2]

（1. 国网山东省电力公司，山东 济南 250001；2. 华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100）

摘　要：该文本主要介绍了进口 0.2S 级电网关口电能表和工商业户电表在性能和功能设计上的差异，以及这些差异如何影响国产高端电表的发展。文章提到了这些进口电表的优异性能和功能，如高精度计量、宽量程过载范围、电压回路运行设计等。这些进口电表代表了国际电能表设计的最高技术水平，因此具有很高的应用价值。文章也讨论了如何让国产 0.2S 级多功能电表全面进入电网关口计量的主表地位，并出口国际高端电表市场。这需要综合研究进口 0.2S 级电网关口电能表的差异化设计，评价其技术水准和现行参考标准的实用性，并讨论和制订国内新型多功能表的企业标准。文章还详细介绍了 0.2S 级进口关口电能表的准确度、电流量程过载范围、电压回路运行设计、分时费率等方面的技术细节。这些技术细节的描述有助于深入了解进口电表的优势和特点，为国产电表的发展提供借鉴和参考。本文对进口 0.2S 级电网关口电能表和工商业户电表的性能和功能设计的探讨，有助于推动国产高端电表的发展，提升其在国际市场上的竞争力。同时，也为全球电表市场的应用需求和计量新技术的发展提供了有益的参考。

关键词：高端电能表　电网关口计量
中图分类号：TM933.4

Exploration of domestic high-end meters entering the grid gate measurement and expanding exports

ZHANG Chunhui[1]　ZHANG Zhen[2]

(1. State Grid Shandong Elect Power Co Ltd,Jinan , Shandong 250001 , China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co. , Ltd. , Jinan , shandong 250100 , China)

Abstract: This text mainly introduces the differences in performance and functional design between imported 0.2S grid gateway meters and industrial and commercial household meters, and how these differences affect the development of domestic high-end meters. The article mentions the excellent performance and functions of these imported meters, such as high-precision metering, wide range overload range, voltage loop operation design, etc. These imported meters represent the highest level of technology in the design of international energy meters, so they have high application value. The article also discusses how to make domestic 0.2S multi-functional meters fully enter the main meter status of grid gate metering, and export to the international high-end meter market. This requires a comprehensive study of the differentiated design of the imported 0.2S level power grid gateway electric energy meter, evaluation of its technical level and the practicability of the

current reference standard, and discussion and formulation of domestic enterprise standards for new multi-functional meters. The article also introduces in detail the technical details of the accuracy of the 0.2S inlet gate energy meter, the current range overload range, the voltage loop operation design, and the time-sharing rate. The description of these technical details helps to gain an in-depth understanding of the advantages and characteristics of imported electricity meters, and provides reference for the development of domestic electricity meters. This paper discusses the performance and functional design of imported 0.2S power grid gateway meters and industrial and commercial household meters, which will help promote the development of domestic high-end meters and enhance their competitiveness in the international market. At the same time, it also provides a useful reference for the application needs of the global electricity meter market and the development of new metering technologies.

Key words:High-end meters Grid gateway metering

0 引言

这里研究的进口高端电表，主要讨论进口 0.2S 级电网关口电能表，它代表国际电能表设计技术最高水准；有些表计设计新技术也涉及到进口 0.2S 级工商业户电表。

目前，如何让国产 0.2S 级多功能电表全面进入电网关口计量的主表地位，同时，出口国际高端电表市场，成为电表产业发展的两个期望。综合研究进口 0.2S 级电网关口电能表的差异化设计，是评价国际高端电表技术水准、现行参考标准实用性和讨论与制订国内新型多功能表企业标准的基础。

差异化设计主要是指这些进口电网关口电能表有哪些指标优于 IEC 标准？或 IEC 标准没有的功能和指标；同类进口电表有哪些不同的性能和功能设计，比较出同一指标的最高值；与国产 0.2S 级多功能表相比，技术上有哪些差别与差距；再是，如何适应全球电表市场的应用需求和计量新技术的发展。

本文重点将汇总、提炼出进口 0.2S 级关口电能表/0.2S 级工商业户电表的性能和功能设计，有哪些差异化项目及指标要求，供研究国产高端电表提高品质、改进设计的参考。

本部分内容由 6 个型号的 0.2S 级进口电网关口电能表（兰吉尔：ZQ202 型/E850 系列；斯伦贝谢/ITRON：Q1000 型；加拿大：ION8600 型；兰吉尔：MAXsys2510 型；欧洲 ISKRA：WU.TE432 型；美国阿美特克：JEMSTAR 型）样本和 3 个型号的 0.2S 级工商业户电表（GE：kV2c 型；EDMI 电表；Enermet：E700 型）样本表述的计量特征汇总而成。其中，在特定工况下，表计误差测试数据，摘自重庆市电科院：《关口及大用户电能表性能评估报告》。

1、0.2S 级进口关口电能表的准确度

1）全功率、四象限电能计量

a、正向、反向有功电能高精度计量

- 0.05%In---Imax 和 cosΨ=1 条件下 ，表计负荷曲线平直，出厂误差< 0.05%。（ZQ202）

• 0.05%In---Imax 和 cosΨ=0.5 条件下，表计负荷曲线平直，出厂误差< 0.08%。（ZQ202）

• 相位角为 90°±0.5°、270°±0.5°和 In 条件下，表计误差控制在<1%。（重庆市电科院）

b、四象限的无功电能计量：±0.2%（Q1000）

c、四象限的视在电能计量：±0.3%（Q1000）

视在电能两种算法：矢量法、算术法

2）低功率因数计量（Q1000）

Qh 计量：±0.3%

3）单独计量基波和谐波电能（ION8600）

4）计量参考：畸变功率因数计量（kV2c）

• 畸变功率因数（DPF）是畸变功率（D）对于视在功率（S）的比例。

表计的有功功率因数（PF）、无功功率因数（RF）、畸变功率因数（DPF）均为矢量，它们的合成计算公式：

$\sqrt{(PF^2 + RF^2 + DPF^2)} = 1$

表计的有功功率（P）、无功功率（Q）、畸变功率（D）、视在功率（S）的合成计算公式：

$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$

• 计算基础：功率防护系统（略）

5）适用国际标准（Q1000）

a、ANSI C12.1 美国国标 电能表计量规范

b、ANSI C12.20 美国国标 电能表（0.2 级和 0.5 级）

c、ANSI/UL . 50 美国国标 /安全 :（待查询）

d、ASMT B117 美国材料试验行标 盐务试验机操作规程

e、ASMT D999 美国材料试验行标 集装箱振动测试的标准试验方法

f、IEC60807/IEC62053---22 静止式有功电能表（0.2S 级和 0.5S 级）

g、IEC61268/IEC62053---23 静止式无功电能表（2 级和 3 级）

h、IEC60068
---2---6 环境试验 振动（正弦）

i、IEC60068---2---27 环境试验 冲击。

6）有效使用期：保证超过 15 年的高精度和高稳定性。（ZQ202）

2、电流量程过载范围宽（ZQ202）

1）额定电流/最大电流：In（5A）/Imam（120%）

2）表计测量技术达到：170%In

3）表计热参数达到：12A（最低 1.5×Imax）

3、电压回路运行设计

1）输入电压：55---530V 自动调节。（JEMSTAR）

2）电压回路失压和电压恢复时的时序设计（ZQ202）

a、失压（掉电）控制时序

- 输入输出闭锁：立即
- 接点输出：100ms
- 转为后备状态运行：0.5s
- 数据存储：再过 0.2s
- 切断：约过 2.5s。

b、电压恢复（上电）3 相控制时序

- 功能准备就绪：1---3s 之后
- 判别电能方向及相电压：1---3s 之后。

3）同一只 EDMI 电表可以用在三相三线，也可以用在三相四线用户。只需根据现场实际接线需要，通过软件设置成相应的接线方式。（EDMI 电表）

4、分时费率（TOU）（Q1000）

当前（作用）分时费率表；备用分时费率表；7 种日计费形式；7 个分时费率和总费率；多达 400 种日费率模式；多达 665 个费率时段切换点；16 个费率事件状态触发信号；每年多达 12 个季节；万年历；多个节假日；支持同时作用（重迭）费率；支持临时作用费率，以替代当前费率。

5、谐波测量（ION8600）

ION8600 具有谐波分析能力， B 型可监测 2---63 次谐波；A 型可监测 2---127 次谐波（在上位机软件支持下），解析所有电压、电流输入，包括中性点电流。

1）以上谐波测量精度：1%（A、B 型至 63 次）

2）单次解析至 40（次），包括幅值、相角、间谐波（A 型）

3）总偶次谐波畸变率，总奇次谐波畸变率

4）总谐波（偶次+奇次）

5）谐波电能计量

6）K 因子（测量精度 5%）；峰值因子（测量精度 1.0%满量程）

6、典型电表常数（ZQ202）

Un=3×100/√￣3V 或 3×100V，In=5A，电表常数=20000 imp/kWh

7、启动功率（ZQ202）

1）启动有功功率：＜ 0.05%额定有功功率

2）启动无功功率：＜ 0.1%额定无功功率

8、时间基准

1）典型实时时钟（RTC）

a、时钟精度（23° C）：＜ 5 ppm（ZQ202）

b、20MHz 晶振（WU.TE432 ）

RTC 由晶体振荡器控制符合 IEC61038 标准。它由一个超级电容或一个锂电池和超级电容作后备电源。主电源断电时，超级电容可后备 250h、锂电池可后备 3 年。

2）实时时钟的同步源（ION8600）

a、内部晶振。

b、被测系统/网络的线路频率（±10 PPM），缺省设置。

c、外部 ASCII 接收器，精度±1ms，指定一个通信接口专用于 GPS 同步信号的输入。

d、选配 IRIG---B GPS 接收器：精度±1ms。

e、支持计量系统主站或采集终端校时。

9、需量计算（Q1000）

1）需量计算的类别：最大需量；最小需量；当前需量；先前需量；目标需量；累积需量；连续累积需量。可选相关需量

2）需量寄存器

a、区间式、滑差式需量：需量周期和滑差子时区，可编程设置。

b、热需量计算。

c、需量周期与电表内部时钟同步。

10、电压小时（Vh）、电流小时（Ih）、周波小时（Hzh）、功率因数小时（PFh）计量（Q1000）

11、表计安全性（ION8600）

除了传统电表的防窃电设置外，ION8600 还提供了许多先进的安全防范措施，可用来自动检测、记录和通告下列情况：

PT、CT 断相；PT、CT 反相或安装错误；峰值需量寄存器复位；上电、断电。

12、瞬时量的准确、快速测量与高速记录

1）测量准确度高（ION8600）

包括电压：0.1%；相电流：0.1%；中线电流：0.4%；频率（47---63Hz）：±0.01Hz；
kW、kVAr、kVA：0.2%（注：引用误差）；功率因数：0.5%（注：引用误差）。

2）实时量测量（ION8600）

ION8600 提供高精度实时测量（秒级分辩率）及高速（1/2 周波）测量，包括：

相电压，线电压，负荷电流，中性点或接地电流，有功功率，无功功率，视在功率，功率因数，频率，电压、电流不平衡度 ，相序。

3）高速记录（ION8600）

ION8600 具有高速记录功能，可记录扰动和失压的详细情况，最短时间间隔可达 1/2 周波（10ms），可通过定值越限或外部设备触发，并自动预留一定的存储空间，以备紧急事件时使用。

4）故障录波（ION8600A 型）

ION8600（A 型）能同时捕捉所有电压、电流通道的波形，分析干扰源。录波技术概要：

a、子周波扰动捕捉

b、最长可记录 96 个周波的故障波形

c、波形采样率最高达 256 点/周波

d、采样动态范围：电压回路 AD 位数为 14 位；电流回路 AD 位数为 18 位。

5）视在功率计算与分析（E700）

a、矢量算法

矢量 VA=$\sqrt{\ }$（有功功率^2 + 无功功率^2）

b、算术算法

算术 VA= V rms × I rms

c、如果存在谐波电流

• 矢量 VA：不包含有谐波影响

• 算术 VA：包含有谐波影响

13、电能质量测量与控制

1）电能质量监控（MAXsys2510）

随着各类高精密设备的广泛应用，对供电质量的监测即将成为电力仪表功能差异化的关键点。

MAXsys2510 仪表具有的电能质量监控功能：

记录电压突升与突降变化；捕捉瞬时的电流变化；全谐波畸变测量；记录异常损耗事件；半周期分辩率；可存储多达254个供电质量事件；当供电质量劣化时发出呼叫信息；在线故障诊断功能。还能记录事件发生的精确到秒的时间和日期。

2）电能质量监测与分析（ION8600 A型）

a、按电能质量标准监测

- 谐波和间谐波：IEC61000---4---7
- 闪变：IEC61000---4---15
- 电压容限曲线：CBEMA/ITIC
- 公共电网供电电压特性（包括电压扰动指标）：EN50160
- 电源系统的谐波控制的推荐实施规范和要求：IEEE519
- 电能质量监测的实用操作建议：IEEE1159。

b、子周波扰动捕捉（故障录波）：（详见第12项 4）子项）

c、供电可靠性检测：ION8600 具备以”9”的个数表示供电可靠性的功能，直观表示供电可靠性检测的结果。

d、越限检测

检测、记录和报告：电压、电流不平衡的详细情况，包括失压/失流、频率/功率因数变化和电压偏差等。

e、谐波及谐波电能计量：详见第5项。

f、电压上冲/下 陷检测

ION8600能捕捉电压的上冲/下限，可分析上冲/下限的严重程度，及其可能产生的危害。

- 电压的幅值和上冲/下限的持续时间，可绘制电压容限曲线
- 电压上冲/下限发生期间的超标或不足的电能
- 每相触发波形记录（ION8600A型）或控制输出
- 通过软件分析电压上冲/下限。

g、暂态捕捉

ION8600A型可记录最短达65微秒（60Hz）或78微秒（50Hz）的子周波瞬变。

h、序分量测量

ION8600 可测量所有电压、电流的零序、负序和正序分量，并可计算出相间不平衡度。

14、抗电磁干扰（ION8600）

1）静电放电试验（B）：IEC1000---4---2

2）抗辐射干扰试验（A）：IEC1000---4---3

3）电力快速暂态试验 （B）：IEC1000---4---4

4）抗冲击试验（B）：IEC1000---4---5

5）操作干扰试验：IEC1000---4---6

6）抗冲击干扰试验：ANSI C62. 41

7）IEEE 保护继电器及继电器系统（ANSI）的抗冲击能力（SWC）试验：IEE C.37---90.1---1989

8）美国国标 电能表（0.2 级和 0.5 级精度）：ANSI C12.20---1998

15、电网损耗的测量、补偿与 CT/PT 动态纠正功能

1）变压器、电力线路损耗的测量与补偿

a、变压器、电力线路损耗计算（Q1000）

电压平方小时（V^2 h）记录

电流平方小时（I^2 h）记录

b、变压器、电力线路损耗的补偿方法（ION8600）

灵活的补偿方法；设置简易；每秒刷新；适用于支持的所有通信协议。

c、变压器、电力线路损耗的测量和计算（MAXsys 2510）

MAXsys2510 仪表被认为是变压器和线路输电损耗测量和计算功能的领导者，其标准配置的硬件能计算 3 台相互串联的变压器或 3 条串联电力线路的损耗值。该仪表最多可设定 6 组参数，分别对应 6 种不同的损耗计算。这样，当输电线路重新作了调整和改变后 ，可在仪表上作相应的损耗计算的改变。该仪表采用对等通信方式，可在计算损耗值前，先加上或减去部分负荷，这对于要计量的 CT 与电源变压器之间有负载、损耗的场合极为重要。

2）CT/PT 动态纠正功能（MAXsys2510）

MAXsys2510 仪表是市场上仅有的能动态校正其工作范围内 CT/PT 失真的电力仪表。采用此项技术，不需要为 CT/PT 的更换投入高成本。

3）CT、PT 的角差、比差实时修正（EDMI 电表）

根据电压、电流互感器在不同负荷点的误差，利用内插值趋近算法形成误差连续曲线。根据实时电压、电流值进行补偿，从而把 CT、PT 的误差对电量的影响减少到零。

16、负荷曲线记录与事件记录

1）非易失性存储器的最大容量（ION8600 A 型）：10 MB

2）负荷曲线记录

a、ION8600（A 型）具有 50 组数据记录，每组可记录 16 个参数，共 800 个参数。

b、Q1000：支持多达 10 套，每套带有 24 通道的负荷曲线记录功能，每套数据记录可有不同的时间间隔。

3）事件记录（ION8600）

ION8600 提供事件记录、顺序事件记录和报警记录，并带日期/时间时标，时间分辩率为 1ms。记录电能质量事件细节，包括幅值、持续时间回设备状态。可利用配备 GPS 接口的 ION 电表提供的信息，诊断影响全系统的事件及设备的运行状态。

17、多通信接口、多通信协议

1）ION8600：通信方式

a、串行通信口：1 个 RS232/RS485 口和 1 个 RS485 口，可由订货时指定。

- 通信协议：ION，DNP3.0，ModbusRTU，GPS
- 通信速率：

（RS232）300---115200bps;
（RS485）300---57600bps

- 光电隔离

b、红外数据口

- 红外数据口型式：ANSI C12.13 Type2
- 通信协议：ION，ModbusRTU，DNP3.0
- 通信速率：300---19200bps
- 通信模式：半双工

c、以太网口：通过 Ether Gate，可选 10Base---T 口提供直接接入以太局域网/广域网，允许以太网和多达 31 个串口连接的设备间直接传送数据。

• 通信协议：TCP/IP，ION，ModbusTCP
• 通信速率：10Mbps

d、内置 Modem：可选内置拨号 Modem 和 Modem Gate 网关。接口：RJ11 或 RJ31

• 通信协议：ION，DNP3.0，ModbusRTU
• 通信速率：300---33600bps，支持自动速率检测
• 通信模式：半双工

e、IRIG---B 接口：可选 IRIG---B 输入接口，接收 IRIG---B 时钟信号。

• 精度：1ms
• IRIG---B 输入：额定电压 5V CD（±10%），最大电压 8V CD。

2）ZQ202：通信方式

a、自动抄表的光接口（IEC62056---21）

• 通信协议：dlms（IEC62056---42/46/53/61/62）
• 通信速率：9600bps
• 通信模式：串行，半双工，异步，开始位/停止位

b、RS485 接口（菊花链）（标准：ISO8482）

• 通信协议：dlms（IEC62056---42/46/53/61/62）
• 最大通信距离/通信速率/接电表数
1200m/19.2kbps/16 只表
550m/38.4kbps/32 只表
250m/57.6kbps/32 只表
• 通信模式：串行，全双工
• 连接方式：两线连接，分正负极

3）Q1000: 通信方式

a、高速通信：帧中继；光纤；无线；有线；电话网；以太网；微波网。

b、通信协议：DNP3.0，IEC60807---5---102，IEC60807---5---102plus，miniDLMS，Moderbus。

18、输出脉冲不同规范

规定之一：脉宽 40ms、最大脉冲频率 12 Hz（ZQ202）

规定之二：可编程脉冲输出功能（MAXsys2510）

MAXsys2510 仪表的标准配置中，有 4 个可编程脉冲输出接口。每个脉冲输出接口的编程内容：脉冲输出；上/下限控制；报警与事故呼叫；通信控制。

19、显示方式：数据；曲线；事件；矢量图；谐波棒图；背光：LED，0---120 min
20、自诊断技术

a、自诊断（ION8600）

ION8600 具有强大的自诊断功能，在上电和连续工作中，对硬件、软件和记录数据进行持续检测。记录任何异常事件，可通信上传，紧急告警，显示故障代码等立即在面板上显示

b、自我诊断及报警（EDMI 电表）

• 电表外部状态检测项目：不平衡功率；电压容差；PT 故障；不正确相序；反向功率。检测参数的上、下限，触发时间可根据需要进行设置。
• 电表内部软硬件检测项目：校验数据丢失；时钟故障；用户自定义；Modem 故障；RAM or LCD 故障；编程闪烁寄存器故障；数据闪烁寄存器故障；脉冲输出溢出；电池故障。
• EDMI 电表一旦检测到故障，在液晶屏上用不同的字符提示相应的故障。

21、硬件电路

1）电表企业专有计量芯片

a、兰吉尔自有核心技术的计量芯片（ZQ202）

采用交流采样功率算法的数字乘法器芯片：国际主流计量芯片。

b、ISKRA　WU.TE432 型表计专有计量芯片

电能表计量原理是基于专有的 TDM（时分割乘法器）技术；计量系统为三元件并按仿真接线测量无功电能。模拟和数字回路集成于一个单晶片上，计量单元被屏蔽，保证计量优良和长期稳定性，计量高可靠、电表在 30 年的有效寿命期间，不需要做任何定期检验。

2）采用 14 位模拟数字转换的有源变换技术，使测量误差接近标准电能表的水平。（Q1000）

注：此处所指的有源变换技术，估计采用有源零磁通电流互感器设计，平直低电流测量范围内的误差曲线。

3）超级电容：断电保持时间> 20 天（QZ202）

4）锂电池：10 年（QZ202）

5)数据安全保护:所有计量数据存储于一个非易失EEPROM中的两个不同位置,作为原本和副本。(WU.TE432)

22、支持软件（Q1000）

1）与ITRON MV---90兼容

2）电表编程软件：PC---PRO+ 98

3）规约编程器Protocol　Editor

4）可由PC---PRO+98　5.0以上版本生成HHF电表数据文件

5）Energy Audit　5.0

6）与DC Systrms　RT　scada系统兼容，作实时应用。

23、功耗（ZQ202）

1）电流回路：< 0.1VA

2）电压回路

a、供电回路与PT回路相连

- 不带接点模块和通信模块的PT回路：0.9VA（0.5W）
- 带接点模块和通信模块的辅助电源：1.4VA（0.8W）

b、供电回路不与PT回路相连

- PT回路：0.05VA
- 辅助电源典型值：0.1VA
- 不带接点模块和通信模块的辅助电源：3VA
- 带接点模块和通信模块的辅助电源：4.5VA。

24、表壳

1）表壳材料

a、材料之一：防静电玻璃纤维加强塑料（ZQ202）

b、材料之二：阻燃的聚碳酸酯。在电表寿命周期结束后重复使用。（WU.TE432）

c、防火，自灭速度：IEC 60695---5---11（960°C）；UL94（94VO）（WU.TE432）

2）表壳外型（Q1000）

插座式；机架式；屏柜镶嵌式；DIN 标准式；A 型底座式。

3）防护性能

a、IEC60529　IP51（ZQ202）

b、表壳保证了双重绝缘并符合 IP53 的防尘、防水、阻燃防护级的有关指标。（WU.TE432）

以上叙述进口 9 个型号的高端电表性能和功能设计的差异化项目（24 项）及指标要求。

下面，本文点评

1）目前，国际电子式电表技术发展的最高水准和国际品牌/国际知名电表

a、首先注重有功电能计量的高精度

• 0.2S 级关口电能表的有功计量出厂误差 < ± 0.05%；极低负荷误差曲线平坦；相角为 90° ±0.5° 、270° ±0.5° 和 In 条件下，有功计量误差 < ± 1%。

• 国际品牌电表：ZQ202 型/E850 系列 0.2S 级关口电能表：

兰吉尔自有核心技术的数字乘法芯片；极低负荷采用有源零磁通电流互感器设计；保证超过 15 年的高可靠度和高稳定性。

ZQ202 的运算速度是普通多功能电表的 5 倍；温度对精度的影响，低于 IEC 标准的 5 倍；电脉冲输出分辩率是普通电表的 10 倍以上；设计技术领先、细致，无少计、漏计现象。

ZQ202 的全面计量性能实际上已经 0.1S 级关口电能表设计水准。

• 据了解，兰吉尔正在研发 0.1S 级、E860 系列更高精度结算关口电表；IEC 正在制订 0.1S 级静止式有功电能表标准。

b、全功率（有功功率、无功功率、视在功率）计量准确性超越 IEC 相关标准的最高要求

•有功计量误差 < ± 0.1;无功计量误差 < ± 0.2%;视在计量误差 < ± 0.3%;Qh 计量误差 < ± 0.3%。其中，视在计量误差、Qh 计量误差，IEC 暂时没有标准。

• 国际品牌电表：Q1000 型 0.2S 级关口电能表

Q1000：对全功率计量有深度研究；极低负荷采用有源变换技术（有源零磁通电流互感器）。

c、国际上，正在兴起电力贸易结算采用基波有功电能计量技术

• ION8600：国际上，首先推出基波有功计量、谐波有功计量设计。

• 加拿大：2021 年安装的所有仪表 采用基波有功功率进行电能计量。

IEEE1459 标准的功率模型，可提供合理的计算方法。

在许多司法管辖区、监督机构明确规定：供电频率为 50Hz 或 60Hz。以谐波电能购买或销售电能，在这些司法管辖区是非法的，而电表则应反映法律要求。

d、电能质量监测即将成为电能表功能差异化设计、扩大应用的关键点

• 进口高端电表的电能质量监测项目（9 类 35 项）

按电能质量标准监测（闪变等 5 项）
故障录波（扰动 1 项）
供电可靠性检测（电压中断 1 项）
越限检测（失压/失流等 7 项）
谐波及谐波电能计量（总谐波畸变率等 11 项）
电压上冲/下限检测（电压容限曲线检测等 4 项）
暂态捕捉（1 项）
序分量测量（电压、电流不平衡度等 4 项）
在线故障诊断（1 项）

• 国际知名电表：ION8600　型、MAXsys2510 型 0.2S 级关口电能表。

e、采用量测、记录、通信先进技术

ION8600:瞬时量的准确、快速测量，高速记录，高速录波；多通信方式、多通信协议。

f、变压器、电力线路损耗的测量与计算实用技术：由 MAXsys2510 型关口电能表推出。

2）电网关口计量主表：为何要选用价位高的进口 0.2S 级关口电能表？

电网关口计量是电网最重要的计量点。按电力行标 DL/T448:《电能计量装置技术管理规程》的规定：电网关口计量需要配置主、付两只关口电能表。装机容量为 100 万 kW 的发电机组或输送电流 1200A 及以上的 1000kV 交流特高压线路，在正常运行状态下，其年发电量或年输送电量超过 60 亿 kWh。电网关口计量表计微小的计量变差，如表计有 0.05%的计量误差，将产生电力贸易年结算电费±100 万元以上的波动。

长期以来，尽管进口 0.2S 级关口电能表价位（约 4---5 万元/只）高于同类国产高端电表 8---10 倍，电网主管部门还要选用国际品牌/知名关口电能表（ZQ202 型/Q1000 型/ION8600 型/MAXsys2510 型）作为电网关口计量主表 ，确保关口计量长期的高可靠度、高稳定性。

3）对目前国产高端电表品质的评估

近 10 年来，由于国产智能电表价位偏低，从计量功能设计、可靠性设计及采用标准、元器件选用、生产工艺测控、整表型式试验等多方面来考量，只能说处于中等品质水准。

与进口 0.2S 级关口电能表相比，国产高端电表性能、功能设计尚有诸多差距与差别：

• 国产高端电表 ，还没有看到采用专用数字乘法器计量芯片的报道，计量误差控制或品抑负载误差曲线 ，大都采用算法软件进行补偿。

• 表计的有功计量及功率因数误差曲线不平直，极低负载误差较大；90°附近计量，除威胜高端电表采用软件控制误差，其它表计计量误差都偏大（约 3---8%）。

• 长期以来，国产智能电表不采用全功率设计方案、功率计量项目固化，不可选；基波有功计量、谐波有功计量技术开发 、应用工作，国网计量部门于 2019 年提出，目前尚不明朗；IEEE1459 标准还没有转换为国标。

• 表计的快速计量、高速记录技术开发，只提出零星应用项目 ，未大量采用。

• 表计的电能质量诸多可监测项目缺失。对电能质量监测作为电能表功能差异化设计、扩大应用关键点的看法不一。

• 还有，对国产高端电表的高可靠度、高稳定性缺乏全面、深化研究。特别是国内电能表可靠性设计与可靠性试验验证、元器件数据库建设还处低水平，电表企业未建立起电能表可靠性标准体系。

4）推进国产高端电表全面进入电网关口计量与扩大出口的探索

2000 年前后，国内，由科陆、威胜首批推出 0.2S 级三相多功能电表，并陆续作为电网关口计量付表应用。同时，启动国产高端电表进入电网关口计量主表地位的进程。

a、2006---2009 年，由本文作者与威胜、郑州万特、重庆市电科院合作研究：进口/国产电子式三相多功能电表品质鉴别测试技术。其中：

2008 年，郑州万特公司推出：国内首款高精度三相电能表品质试验装置，配置（德）EMH 公司产 0.01 级 K2006 型标准表。EMH（北京）公司提供同型号标准表的（德）PTB 测试报告，包括功率因数为 0.01、In 的准确度。

2009 年，重庆市电科院经测试汇总，向国网计量主管部门提交：《电网关口及大用户电能表性能评估报告》。

b、2011 年 ，威胜研发出中国第一台 0.1S 级、采用数字乘法器技术的高准确度结算关口电能表，并逐步进入电网关口计量主表地位。

威胜，0.1S 级关口电能表的特征：

• 整表计量方案具备高准确度、高可靠、高稳定、长寿命的品质。有功计量出厂误差 < ±0.04%；无功计量 0.5S 级；15 年寿命周期内，计量准确性< ± 0.1%。
• 关键元器件选用国际高可靠品牌产品
• 采用基于复化 New---Cotes 高价积分算法、高精度动态角差补偿算法，保证计量负载误差曲线、功率因数误差曲线平坦。

自威胜 0.1S 级关口表计推出以来，已经得到国网、南网、内蒙古电网的认可和支持，在部分省级电网关口电表招标中，力压进口产品中标。同时，威胜与西门子公司签订协议，共同应对海外高端计量产品需求。

c、组织”进口高端电表全性能研究”项目开发再合作

2014---2016 年，由本文作者与威胜、重庆市电科院、郑州万特、东方威思顿、隆基宁光、重庆华立、青岛东软、《环球表计》杂志等 8 个单位合作开展”进口高端电表全性能研究”项目开发。

• 该项目于 2014 年（长沙）、2015 年（银川）两次召开技术交流会议，并分别提出会议纪要。

以上两次会议提供的技术报告，重庆市电科院：《关口电能表性能测试》、《智能电表可靠性技术研究》；威胜:《进口某型关口电能表分析》,国际上电子式电表可靠性预测技术组合标准 IEC61709/--2011、SN29500 介绍，《关口电能表计量稳定性研究》；东方威思顿：解读国网电能表元器件技术规范。

• 会议指出：

国内电子式电表可靠性预测，主要参照 GB/T17215.941/---2012/IEC62059---41:1996 和 GJB/Z299C 组合标准，而国际上，IEC62059---41:1996 标准提出电表可靠性预测 ，需参照 IEC61709 和 SN29500 组合标准。两个组合标准的电表可靠性预测方法要较大的差距。

国内，电子式电表有效寿命评估技术研究，还未见到相关报道。

今后，要更加注重电表企业可靠性技术管理、标准体系的研究与建设。

• 2016 年 10 月 ，”进口高端电表全性能研究”项目，因合作各方的专业人才、资金投入、期望开发周期所限，经协商同意后，该项目中断。

结语

回顾 2006 年以来国内进口高端电表差异化设计研究与引用的进程，国产 0.1S 级高准确度结算关口电表的推出，标志国产高端电表逐步进入省级电网关口计量主表地位。但是，国产高端电表要全面进入电网关口计量主表地位，包括大容量发电机组上网计量点，跨区域、跨省特高压/超高压联络线路计量点等，并扩大出口，还有诸多的计量技术难题需要化解，单靠电表企业、省级电力计量中心的力量有限。但是，本文作者认为：国产电网关口计量主表的研发，尚需继续渐行。期望电表行业主管机构会同国网、南网计量管理部门出面组织、协调聚合行业的力量，合作开展国产关口电能表的深度研发，协同攻关（主要是国产高精度、数字乘法器专用计量芯片，电表可靠性测试、寿命验证技术，高可靠性元器件产品等）， 改进国产高端电表设计短板；合作进行国产关口电能表挂网与国际品牌关口电能表并列运行，长期积累数据考核、比较，不断设计改进，争取国产高端电表全面进入电网关口计量主表地位，并批量出口国际高端电表市场。

参考文献

[1] 张春晖 张震 国产高端电能表进入电网关口计量与扩大出口的探索 2020年3月17日

作者简介： 张春晖 男， (1938-)， 从事电能计量技术研究。

通讯作者： 张震 男， (1977-)， 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com